

金属切削手册

第二版

上海市金属切削技术协会编

上海科学技术出版社

第 7 章

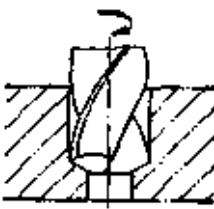
孔 加 工

钻削、镗削、铰削、镗削和深孔加工等都是孔加工。孔加工刀具按其用途分两大类：一类是在实心材料上加工出孔的刀具，如麻花钻、扁钻、方孔钻和深孔钻等；另一类是对已有孔进行再加工的刀具如扩孔钻、铰钻、铰刀和镗刀等。

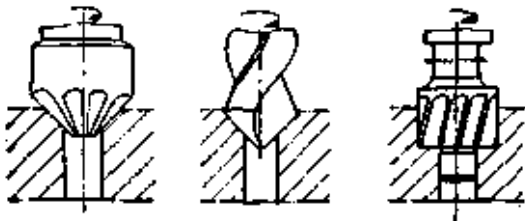
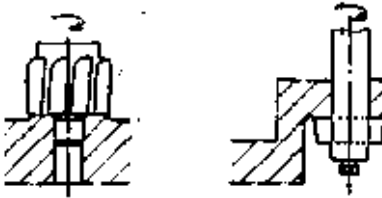
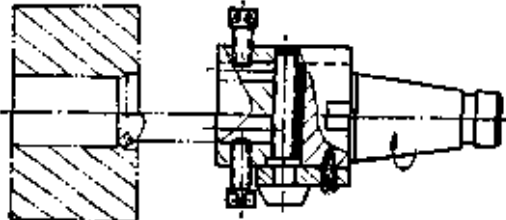
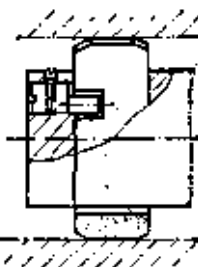
孔加工刀具是在工件内表面半封闭空间内工作的，因而这类刀具在容屑、排屑、刀具的强度、刚度、导向及切削液等方面有一些特殊要求。

孔加工的一般方法见表 7-1。

表 7-1 孔加工的一般方法

名 称	简 图	说 明
钻 削		在实心的金属材料上一次钻成孔
扩 孔		对已有的孔再进行扩大

(续)

名称	简 图	说 明
铰 削		用来切除孔边的毛刺及切出螺钉头、螺栓头的埋头孔
铰 削		用刮排或铰钻来加工工件凸缘平面及孔的端平面
铰 削		当孔径的精度和光洁度要求较高时,可采用铰刀铰孔
镗 削		用镗排加工具有一定精度及光洁度的单孔或孔系
镗 削		为进一步提高工件孔的精度和光洁度应用浮动镗刀镗孔

一、钻 削

1. 标准麻花钻

(1) 标准麻花钻的组成

表 7-2

示	(圆柱锥柄)
图	(圆柱直柄)
名 称	作 用
切削部分	在麻花钻螺旋槽最前端刃磨出两条主切削刃的那一部分。它在钻削时承担主要的切削任务
导向部分	从主切削刃与副切削刃交点起至螺旋槽根部止、包含两条棱边的那部分。它在钻削时起导向作用。并可作为切削部分磨损后再次刃磨的后备部分，因而麻花钻的使用寿命较长。其外径磨有倒锥量（一般 $\frac{0.03 \sim 0.12}{100}$ ）能减少麻花钻的棱边与孔壁的摩擦

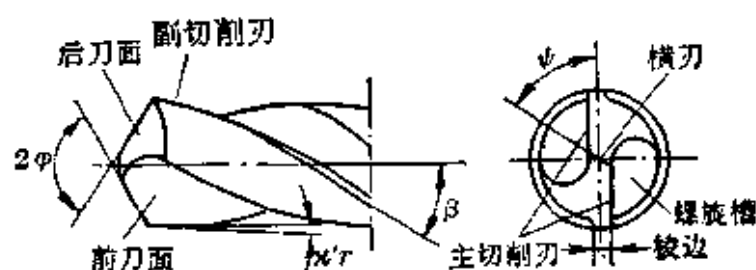
(续)

名 称	作 用																																								
工作部分	自钻尖起至螺旋槽根部止。它包括切削部分和导向部分。其作用也是这两个部分作用的综合																																								
尾 部 (柄部)	供钻削时夹持用,并用来传递钻削时所需的动力,它的形状根据钻头直径大小,即承受轴向力和扭矩的大小可分为莫氏锥柄和圆柱直柄两种。通常钻头直径在 12 毫米以下采用直柄,12 毫米以上采用锥柄。锥柄号的大小与钻头直径大小有关(见下表): <table border="1"> <thead> <tr> <th>莫氏锥柄号</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>锥柄麻花钻 (毫米)</td><td>3~14</td><td>14.3~23</td><td>23.5~31.5</td><td>31.8~50.5</td><td>51~75</td><td>78~80</td></tr> <tr> <td>锥柄长麻花 钻 (毫米)</td><td>6~14.0</td><td>14.3~23</td><td>23.5~31.5</td><td>31.8~50</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr> <td>锥柄加长麻 花钻(毫米)</td><td>6~14</td><td>14.3~23</td><td>23.5~30</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td></tr> <tr> <td>粗锥柄麻花 钻 (毫米)</td><td></td><td>12~14</td><td>19~23</td><td>27~31.5</td><td>38~50.5</td><td>58~75</td></tr> </tbody> </table>						莫氏锥柄号	1	2	3	4	5	6	锥柄麻花钻 (毫米)	3~14	14.3~23	23.5~31.5	31.8~50.5	51~75	78~80	锥柄长麻花 钻 (毫米)	6~14.0	14.3~23	23.5~31.5	31.8~50	—	—	锥柄加长麻 花钻(毫米)	6~14	14.3~23	23.5~30	—	—	—	粗锥柄麻花 钻 (毫米)		12~14	19~23	27~31.5	38~50.5	58~75
莫氏锥柄号	1	2	3	4	5	6																																			
锥柄麻花钻 (毫米)	3~14	14.3~23	23.5~31.5	31.8~50.5	51~75	78~80																																			
锥柄长麻花 钻 (毫米)	6~14.0	14.3~23	23.5~31.5	31.8~50	—	—																																			
锥柄加长麻 花钻(毫米)	6~14	14.3~23	23.5~30	—	—	—																																			
粗锥柄麻花 钻 (毫米)		12~14	19~23	27~31.5	38~50.5	58~75																																			
颈 部	在工作部分与尾部之间。但圆柱直柄的小直径钻头没有明显颈部。锥柄钻头有明显的颈部。为了节约优质高速钢材料,柄部常采用 45 钢制成,因此颈部常为工作部分与柄部对焊连接处。颈部常刻有钻头生产厂商标和直径规格,它可供砂轮磨尾部时退刀用																																								

(2) 标准麻花钻切削部分的组成

表 7-3

示
图



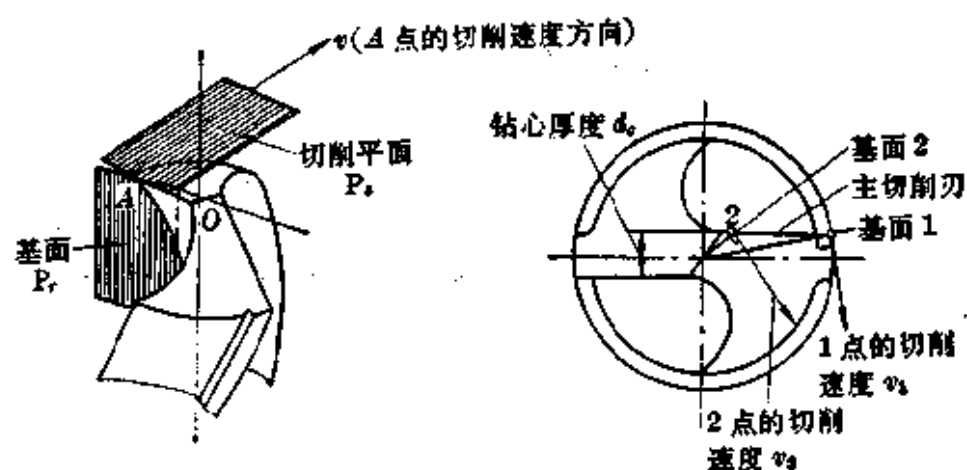
名 称	作 用
前 刀 面	即螺旋槽表面。切屑在其上流过的表面, 该面的光洁度决定着切屑流出难易程度和切削负荷的大小, 故要求抛光
后 刀 面	在工作部分前端, 即钻削时与孔底相对的表面。其形状由刃磨方法决定, 可以是螺旋面、锥面或平面。后面的状况影响着后角大小
副后刀面	即钻头的棱边(刃带)。主要起导向作用
主切削刃	是前刀面与后刀面的相交的边锋部分。它担负着主要切削工作
副切削刃	前刀面与副后刀面相交的边锋。即棱边的边缘。它最终形成孔的表面并起修光作用
横 刃 (钻尖)	两个后刀面的相交部分。它位于钻头的最前端。担负着中心部分的切削工作。由于横刃前角是很大的负前角, 所以钻削时横刃处发生严重的挤压而造成很大的轴向力。横刃的切削条件很差, 因此修磨横刃就成为十分重要

(3) 标准麻花钻的三个辅助平面

表 7-4

示

图



名 称	符 号	定 义
基 面	P_r	通过切削刃上任一选定点, 垂直于该点切削速度方向的平面
切削平面	P_k	通过切削刃上任一选定点, 与切削刃相切, 并垂直于基面 P_r 的平面
正交平面 (主截面) (主剖面)	P_o	通过切削刃上选定点, 既垂直于基面 (P_r) 又垂直于切削平面 (P_k) 的平面

注: 1. 切削刃上各点的切削速度方向不同, 所以基面也就不同。

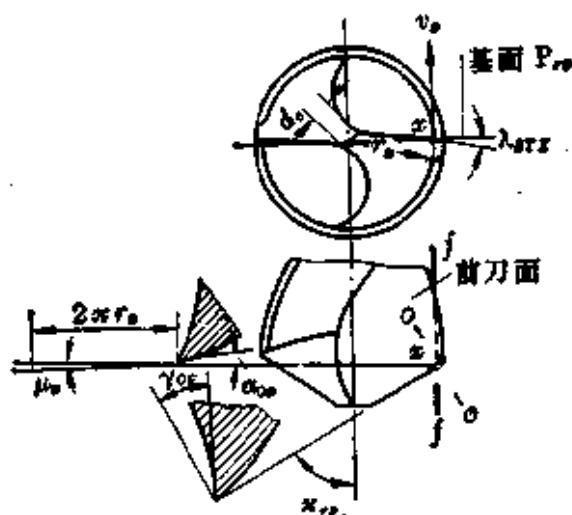
2. 切削刃上各点的切削平面、基面在空间互相垂直且位置是变化的。

(4) 标准麻花钻的几何参数

表 7-5

示

图



名称	符号	定义与作用	参考数值
前角	γ_0	主切削刃上任一点的前角是在主剖面($\sigma-\sigma$剖面)内前刀面与基面之间的夹角。 主切削刃上各点的前角是变化的,在钻头最外缘处最大,自外缘向中心逐渐减小,到 $\frac{1}{3}$ 直径处前角约为 0°,再往中心前角为负值。前角大小与螺旋角有关(横刃除外),螺旋角越大,前角越大,反之越小。前角大小决定着切屑变形程度	接近横刃处前角约为 $\gamma_0 = -30^\circ$ 横刃上的前角约为 $\gamma_{0v} = -54 \sim -60^\circ$ 切削刃上任意一点前角为 $\text{tg } \gamma_{0s} = \frac{r_s \text{tg } \beta}{R \sin \kappa_{rs}} + \text{tg } \lambda_{STs} \cdot \cos \kappa_{rs}$ 式中 r_s—切削刃上任意一点半径; R—钻头半径; β—螺旋角; κ_{rs}—钻头锋角之半; λ_{STs}—切削刃上任意一点的端面刃倾角
螺旋角	β	是钻头轴线与螺旋槽方向所形成的夹角。由于螺旋槽上各点螺旋线的导程是相等的,因此在不同半径处螺旋角的大小不等。螺旋角的大小,直接影响前角的大小,它可按下式计算: $\text{tg } \beta_s = \frac{r_s}{R} \times \text{tg } \beta$ 式中 r_s—切削刃上任一点的半径(毫米); R—钻头半径(毫米); β_s—切削刃上任一点螺旋角。 它的作用是容屑、排除切屑和施加切削液等	一般取 $18 \sim 32^\circ$,对软或韧性材料取大些,反之取小些。但从当前发展趋势看 β 取大值

(续)

名称	符号	定 义 与 作 用	参 考 数 值
锋 角	2φ	钻头两主切削刃与它们平行的平面上投影的夹角。它的大小影响前角、切削厚度、切削宽度、切屑流出的方向、光洁度和孔的扩张量；锋角加大、前角也增大；锋角减少，则切削厚度减薄、切削宽度加长；锋角大，定心差，影响扩张量增大。因此合理选择锋角是很重要的	目前一般出厂产品 $2\varphi=118^\circ\pm 2^\circ$ 但一般常用 $2\varphi=100\sim 140^\circ$ 对软的材料取小些，反之取大些
后 角	α_0	切削刃上任一点的后角 α_0 是该点的切削平面 P_s 与后刀面之间的夹角，在以钻轴为轴心的圆柱剖面内测量。切削刃上每一点的后角是不相等的，与前角相反，在外缘处小，接近中心大。在切削过程中，后角的大小，对工件与刀具后面发生摩擦影响很大，后角越大，摩擦越小，但刃口强度减弱。因此，应根据不同材料和切削要求来选	目前一般麻花钻外缘处(轴心线的圆柱截面内测量)的后角按钻头直径大小分为： $d_0 < 15$ 毫米 $\alpha_0 = 10\sim 14^\circ$ $d_0 = 15\sim 30$ 毫米 $\alpha_0 = 9\sim 12^\circ$ $d_0 > 30$ 毫米 $\alpha_0 = 8\sim 11^\circ$
横 刃 斜 角	ψ	横刃与主切削刃在垂直于钻头轴线的端面投影图中所夹的锐角。当刃磨的后角大时，横刃斜角减小，横刃变长，钻削时轴向力增大	一般横刃斜角 $\psi=50\sim 55^\circ$
钻 心 厚 度	d_c	钻头的中心厚度称钻心厚度。主要为保持钻头有足够的强度和定心作用。钻心厚度过大，虽然强度增加，但容屑空间减小，横刃变长，切削时轴向力也增加。为了兼顾两者关系，往往把钻心制成锥形，由切削部分逐渐向柄部方向增厚	一般钻心约为： $d_c=0.125d_0$ ，由切削刃口向柄部逐渐增厚到约 $d'_c=0.2d$
刃 倾 角	λ_{ST}	主切削刃上任一点的端面刃倾角 λ_{STx} 是在端面投影图中主切削刃与基面间的夹角。 主切削刃上各点的端面刃倾角是变化的，外缘处小，近钻心处大。 标准麻花钻主切削刃的刃倾角 λ_{ST} 为负值	主切削刃上任一点的端面刃倾角 λ_{STx} 计算式为： $\sin \lambda_{STx} = -\frac{d_c}{2r_x}$ 式中 d_c —钻心厚度； r_x —主切削刃上任一点的半径

(5) 标准麻花钻直径系列

表 7-6

(毫米)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加 长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
0.5	2.0		3.0		6.0		6.0		12.0	
0.8	2.05			3.1		6.1		6.1		12.1
1.0	2.1			3.15	6.2		6.2			12.3
1.2		2.15	3.2			6.3		6.3	12.5	
1.5	2.2		3.3			6.4		6.4	12.7	
1.8	2.3			3.4	6.5		6.5		12.8	
2.0	2.4		3.5			6.6		6.6	13.0	
2.2	2.5			3.6	6.7		6.7			13.1
2.5	2.6			3.7	6.8		6.8			13.3
2.8		2.65	3.8			6.9		6.9	13.5	
3.0	2.7			3.9	7.0		7.0			13.7
3.2	2.8		4.0			7.1		7.1	13.8	
3.5	2.9			4.1	7.2		7.2		13.9	
3.8	3.0		4.2			7.3		7.3	14.0	
4.0		3.1		4.3		7.4		7.4	19.0	
4.2		3.15		4.4	7.5		7.5			19.3
4.5	3.2		4.5			7.6		7.6		19.4
4.8	3.3			4.6		7.7		7.7	19.5	
5.0		3.4		4.7	7.8		7.8			19.7
5.2	3.5		4.8			7.9		7.9		19.9
5.5		3.6		4.9	8.0		8.0		20.0	
5.8		3.7	5.0			8.1		8.1		20.3
6.0	3.8			5.1	8.2		8.2		20.5	
6.2		3.9	5.2			8.3		8.3		20.7
6.5	4.0			5.3		8.4		8.4		20.8
6.8		4.1		5.4	8.5		8.5		20.9	
7.0	4.2		5.5			8.6		8.6	21.0	
7.2		4.3		5.6		8.7		8.7		21.3
7.5		4.4		5.7	8.8		8.8		21.5	
7.8	4.5		5.8			8.9		8.9		21.7
8.0		4.6		5.9	9.0		9.0			21.9

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
8.2		4.7	6.0			9.1		9.1	22.0	
8.5	4.8			6.1	9.2		9.2			22.3
8.8		4.9	6.2			9.3		9.3	22.5	
9.0	5.0			6.3		9.4		9.4		22.7
9.2		5.1		6.4	9.5		9.5			22.8
9.5	5.2		6.5			9.6		9.6		22.9
9.8		5.3		6.6		9.7		9.7	23.0	
10.0		5.4	6.7		9.8		9.8		27.0	
10.2	5.5			6.9		9.9		9.9		27.3
10.5		5.6	7.0		10.0		10.0		27.5	
10.8		5.7		7.1		10.1		10.1		27.7
11.0	5.8		7.2		10.2		10.2			27.9
11.2		5.9		7.3		10.3		10.3	28.0	
11.5	6.0			7.4		10.4		10.4		28.3
11.8		6.1	7.5		10.5		10.5		28.5	
12.0	6.2			7.6	10.7		10.7			28.7
		6.3		7.7	10.8		10.8		29.0	
		6.4	7.8			10.9		10.9		29.3
	6.5			7.9	11.0		11.0		29.4	
		6.6	8.0			11.1		11.1		29.7
	6.7			8.1	11.2		11.2			29.9
	6.8		8.2			11.3		11.3	30.0	
		6.9		8.3		11.4		11.4		30.2
	7.0			8.4	11.5		11.5		30.5	
		7.1	8.5			11.7		11.7	31.0	
	7.2			8.6	11.8		11.8		31.5	
		7.3		8.7		11.9		11.9	38.0	
		7.4	8.8		12.0		12.0		38.5	
	7.5			8.9		12.1		12.1		38.9
		7.6	9.0			12.3		12.3	39.0	
		7.7		9.1	12.5		12.5			39.2
	7.8		9.2		12.7		12.7		39.5	
		7.9		9.3	13.8		12.8			39.9

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长			
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列
	8.0			9.4	13.0		13.0		40.0	
		8.1	9.5			13.1		13.1		40.3
	8.2			9.6		13.3		13.3	40.5	
		8.3		9.7	13.5		13.5			40.8
		8.4	9.8			13.7		13.7	41.0	
	8.5			9.9	13.8		13.8		41.5	
		8.6	10.0		13.9		13.9			41.9
		8.7		10.1	14.0		14.0		42.0	
	8.8		10.2			14.3		14.3	42.5	
		8.9		10.3	14.5		14.5		42.7	
	9.0			10.4		14.7		14.7		42.9
		9.1	10.5		14.8		14.8		43.0	
	9.2		10.7		15.0		15.0		43.5	
		9.3	10.8			15.1		15.1		43.8
		9.4		10.9		15.3		15.3	44.0	
	9.5		11.0			15.4		15.4	44.5	
		9.6		11.1	15.5		15.5			44.9
		9.7	11.2			15.7		15.7	45.0	
	9.8			11.3		15.9		15.9	45.5	
		9.9		11.4	16.0		16.0			45.9
	10.0		11.5			16.3		16.3	46.0	
		10.1		11.7	16.5		16.5		46.5	
	10.2		11.8			16.7		16.7		46.7
		10.3		11.9	17.0		17.0			46.9
		10.4	12.0			17.3		17.3	47.0	
	10.5			12.1	17.4		17.4		47.5	
	10.7			12.3	17.5		17.5			47.8
	10.8		12.5			17.7		17.7		47.9
		10.9	12.7			17.9		17.9	48.0	
	11.0		12.8		18.0		18.0		48.5	
		11.1	13.0			18.3		18.3		48.9
	11.2			13.1	18.5		18.5		49.0	
		11.3		13.3		18.7		18.7	49.5	

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
		11.4	13.5		19.0		19.0			49.9
	11.5			13.7		19.4		19.4	50.0	
		11.7	13.8		19.5		19.5		50.5	
	11.8		13.9			19.7		19.7	58.0	
		11.9	14.0			19.9		19.9		59.0
	12.0			14.3	20.0		20.0		60.0	
		12.1	14.5			20.3		20.3	62.0	
		12.3		14.7	20.5		20.5			63.0
	12.5		14.8			20.7		20.7		64.0
	12.7		15.0			20.8		20.8	65.0	
	12.8			15.1	20.9		20.9			66.0
	13.0			15.3	21.0		21.0			67.0
		13.1		15.4		21.3		21.3	68.0	
		13.3	15.5		21.5		21.5			69.0
	13.5			15.7		21.7		21.7	70.0	
		13.7		15.9		21.9		21.9	72.0	
	13.8		16.0		22.0		22.0			74.0
	13.9			16.3		22.3		22.3	75.0	
	14.0		16.5		22.5		22.5			
		14.3		16.7		22.7		22.7		
	14.5		17.0			22.8		22.8		
		14.7		17.3		22.9		22.9		
	14.8		17.4		23.0		23.0			
	15.0		17.5		23.5		23.5			
		15.1		17.7		23.7		23.7		
		15.3		17.9		23.9		23.9		
		15.4	18.0		24.0		24.0			
	15.5			18.3		24.3		24.3		
		15.7	18.5		24.5		24.5			
		15.9		18.7		24.7		24.7		
	16.0		19.0			24.9		24.9		
		16.3		19.3	25.0		25.0			
	16.5			19.4		25.3		25.3		

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
		16.7	19.5			25.4		25.4		
	17.0			19.7	25.5		25.5			
		17.3		19.9		25.7		25.7		
	17.4		20.0			25.9		25.9		
	17.5			20.3	26.0		26.0			
		17.7	20.5			26.1		26.1		
		17.9		20.7	26.3		26.3			
	18.0			20.8	26.5		26.5			
		18.3	20.9			26.7		26.7		
	18.5		21.0			26.9		26.9		
		18.7		21.3	27.0		27.0			
	19.0		21.5			27.3		27.3		
		19.3		21.7	27.5		27.5			
		19.4		21.9		27.7		27.7		
	19.5		22.0			27.9		27.9		
		19.7		22.3	28.0		28.0			
		19.9	22.5			28.3		28.3		
	20.0			22.7	28.5		28.5			
				22.8		28.7		28.7		
				22.9	29.0		29.0			
			23.0			29.3		29.3		
			23.5		29.5		29.5			
				23.7		29.7		29.7		
				23.9		29.9		29.9		
			24.0		30.0		30.0			
				24.3		30.2				
			24.5		30.5					
				24.7		30.9				
				24.9	31.0					
			25.0		31.5					
				25.3	31.8					
				25.4	32.0					
			25.5		32.5					

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
				25.7		32.9				
				25.9	33.0					
			26.0		33.5					
				26.1		33.9				
			26.3		34.0					
			26.5		34.5					
				26.7		24.8				
				26.9	35.0					
			27.0		35.5					
				27.3		35.9				
			27.5		36.0					
				27.7	36.5					
				27.9		36.9				
			28.0		37.0					
				28.3		37.3				
			28.5		37.5					
				28.7		37.9				
			29.0		38.0					
				29.3	38.5					
			29.5			38.9				
				29.7	39.0					
				29.9		39.2				
			30.0		39.5					
				30.2		39.9				
			30.5		40.0					
				30.9		40.3				
			31.5		40.5					
			31.8			40.8				
			32.0		41.0					
			32.5		41.5					
				32.9		41.9				
			33.0		42.0					
			33.5		42.5					

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
				33.9	42.7					
			34.0			42.9				
			34.5		43.0					
				34.8	43.5					
			35.0			43.8				
			35.5		44.0					
				35.9	44.5					
			36.0			44.9				
			36.5		45.0					
				36.9	45.5					
			37.0			45.9				
				37.3	46.0					
			37.5		46.5					
				37.8		46.7				
				37.9		46.9				
			38.0		47.0					
			38.5		47.5					
				38.9		47.8				
			39.0			47.9				
				39.2	48.0					
			39.5		48.5					
				39.9		48.9				
			40.0		49.0					
				40.3	49.5					
			40.5			49.9				
				40.8	50.0					
			41.0							
			41.5							
				41.9						
			42.0							
			42.5							
			42.7							
				42.9						

(续)

圆 柱 直 柄			圆 柱 锥 柄						圆柱粗锥柄	
短	中、长		中		长		加长		第一系列	第二系列
	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列	第一系列	第二系列		
			43.0							
			43.5							
				43.8						
			44.0							
			44.5							
				44.9						
			45.0							
			45.5							
				45.9						
			46.0							
			46.5							
				46.7						
				46.9						
			47.0							
			47.5							
				47.8						
				47.9						
			48.0							
			48.5							
				48.9						
			49.0							
			49.5							
				49.9						
			50.0							
			50.5							
			51.0							
			52.0							
				53.0						